

Molina, M., Romero, H. y Sarricolea, P. 2009. Características socioambientales de la expansión urbana de las Áreas Metropolitanas de Santiago y Valparaíso. En "Chile: del país urbano al país metropolitano", Hidalgo, R., De Mattos, C., Arenas, F. (Editores). Serie GEOlibros N°12 Colección EURE-Libros. Instituto de Geografía e Instituto de Estudios Urbanos y Territoriales, Pontificia Universidad Católica de Chile. 187-200p.

*Coloquio Del País Urbano al País Metropolitano, 4 al 6 de Diciembre 2007*

## **Características socio ambientales de la expansión urbana de las Áreas metropolitanas de Santiago y Valparaíso**

**Melandra Molina**

Geógrafo, Universidad de Chile. Departamento de Geografía, Universidad de Chile. Laboratorio de Medioambiente y Territorio. melandra@gmail.com

**Hugo Romero**

Geógrafo, Universidad de Chile; Doctor en Geografía y Ordenamiento del Territorio, Universidad de Zaragoza. Departamento de Geografía, Universidad de Chile. Laboratorio de Medioambiente y Territorio. [hromero@uchile.cl](mailto:hromero@uchile.cl)

**Pablo Sarricolea**

Geógrafo, Universidad de Chile, Magister © en Geografía, Universidad de Chile. Departamento de Geografía, Universidad de Chile. Laboratorio de Medioambiente y Territorio.

**Dirección:**

Avenida Portugal 84 – Comuna de Santiago, Región Metropolitana- Chile - Tel.: (02) 798-3107

### **RESUMEN**

Las metrópolis de Santiago y Valparaíso han experimentado un notable crecimiento urbano en las últimas décadas. En el proceso de expansión de ambas ciudades se aprecia la sustitución indiscriminada de usos y coberturas naturales del suelo. La sustitución desaprensiva de coberturas naturales por espacios construidos, ha generado una serie de impactos sobre el medio ambiente de la ciudad. Uno de los principales corresponde a los cambios y desequilibrios sobre el clima urbano y la creación de islas y micro islas de calor. Tal impacto no solo se manifiesta de manera directa en la ciudad a partir del aumento de las temperaturas y discomfort térmico para la población, sino que también genera externalidades negativas, tales como el aumento de los niveles de contaminación atmosférica por material particulado en invierno. Las perturbaciones ambientales mencionadas anteriormente afectan de manera no equitativa a la población, Se ha determinado que en el caso de la ciudad de Santiago, la población de más bajos ingresos es aquella que se ve más afectada al localizarse en lugares de alta concentración de contaminantes y de importantes oscilaciones diarias de temperaturas atmosféricas, mayormente impermeabilizados y de bajo porcentaje de cobertura vegetal. El caso de la ciudad de Valparaíso es contrapuesto: Debido a la morfología de la ciudad, la población de bajos ingresos se localiza en las partes altas de las cuencas, que son zonas de mayor cobertura vegetal y menormente impermeabilizadas. Estas áreas presentarían mejores condiciones climáticas, pero son afectadas por riesgos geomorfológicos.

**PALABRAS CLAVE:** crecimiento urbano, islas de calor urbano, contaminación atmosférica, usos y coberturas de suelos, justicia ambiental.

## INTRODUCCIÓN

La calidad de vida de las ciudades es un tema de creciente importancia, en particular en Chile, donde cerca del 90% de su población reside en áreas urbanas. La calidad de vida en las ciudades se expresa a través de atributos ambientales, que, entre otros efectos, deben generar un adecuado clima urbano y bajos índices de contaminantes atmosférica. Las islas de calor son consideradas como indicadores de degradación ambiental tanto a escala local como global, en la medida que participan en la producción de condiciones adversas para la salud de la población y de los ecosistemas, como en los procesos de Calentamiento Global. Las islas de calor resultan de la sustitución de usos y coberturas de suelos naturales por superficies urbanas, capaces de absorber, almacenar y emitir mayor calor que las áreas rurales que circundan a las ciudades (PICKETT *et al.*, 2001; WITHFORD *et al.*, 2001). Las islas de calor urbanas contribuyen a generar contaminantes fotoquímicos, zonas de convergencia de aire contaminado y discomfort térmico, especialmente durante los días de verano y sobre las áreas con mayor edificación, menor vegetación y más altas tasas de impermeabilización.

El crecimiento urbano incontrolado que ha caracterizado a las metrópolis chilenas, ha significado la duplicación de sus superficies construidas durante los últimos treinta años y el reemplazo sistemático de cubiertas agrícolas y de vegetación natural por superficies construidas heterogéneas en cuanto a densidad, diseño y presencia de áreas verdes. Ello ha generado un complejo patrón espacial y temporal de las islas de calor urbano en relación a las áreas de residencia de los diferentes estratos socioeconómicos de la población, desarrollando situaciones de injusticia ambiental al interior de la ciudad, que este artículo contribuye a comprender.

Sin embargo, las distintas situaciones geográficas, procesos históricos y desenvolvimiento económico implica grandes diferencias entre las áreas metropolitanas chilenas, que requieren ser identificadas e interpretadas si el objetivo es disponer de suficientes conocimientos científicos para proceder a elaborar políticas, planes y programas de desarrollo urbano. La justicia ambiental es una disciplina que se preocupa de generar los mecanismos e instrumentos institucionales y de política pública que permitan compensar los efectos ambientales negativos y desproporcionadamente altos, que sufren los sectores más pobres y desvalidos de la sociedad. Según CONAMA (2000) los grandes responsables de la emisión de material particulado en la Ciudad de Santiago son las fuentes móviles (49%), seguidas de fuentes fijas (29%) y polvo en suspensión (22%). Del total de fuentes móviles, un 30% en 1999 correspondía a vehículos livianos, parque que ha tenido un gran aumento en los últimos años. FONG (2005) señala que si bien los automóviles de mejor tecnología están en manos de los sectores de mayores ingresos económicos y no en los niveles de ingresos medios y bajos, los primeros son propietarios de la mayor cantidad de vehículos. Por ello cabría esperar una geografía de la contaminación en que las emisiones y concentraciones más altas de la contaminación atmosférica se localicen en las áreas del sector oriente de la ciudad. Sin embargo, la contaminación por MP10 se concentra en los sectores más bajos, pobres y con menos propietarios de automóviles, ubicados al poniente de la ciudad, generándose una situación de injusticia ambiental que se encuentra a la espera de políticas públicas de compensación.

La contaminación atmosférica de Santiago presenta complejos patrones de distribución espacial por los cuales las partículas en suspensión tienden a concentrarse en los sectores topográficamente más bajos y socialmente más pobres de la ciudad, mientras que los contaminantes fotoquímicos lo hacen sobre el sector de mayor altura de la cuenca y donde residen los habitantes de mayores ingresos

(MORALES y LEIVA, 2006). Este patrón no solo se observa para el tema de la contaminación atmosférica, sino que también para la distribución de temperaturas: las zonas más pobres son aquellas que presentan focos de micro islas de calor urbanas, colocándose así como la población más vulnerable ante los efectos ambientales negativos del crecimiento urbano.

Más allá de conocer la localización de las islas de calor o de las fuentes de contaminación atmosférica, es interesante explorar las relaciones espaciales existentes entre la distribución de las áreas cálidas y frías, la concentración de la contaminación atmosférica, los niveles socioeconómicos de la población y los efectos de las condiciones medioambientales sobre la salud humana. Investigaciones anteriores han demostrado que las partículas en suspensión se concentran en las partes más bajas de las cuencas, mientras que el ozono troposférico lo hace en las áreas que reciben mayor carga de radiación, por ejemplo en los piedemontes y laderas orientados hacia el poniente. Por otro lado, los efectos de la salud dependen no sólo de los niveles de concentración de los contaminantes sino también de las oscilaciones diarias de temperatura, las que a su vez están determinadas por un conjunto de hechos y atributos urbanos, entre los que destacan las densidades residenciales, disponibilidad de áreas verdes y diseños urbanos específicos de la trama urbana. En el caso de ciudades con altos niveles de desigualdad e inequidad social, como ocurre en Chile, estos elementos urbanos se relacionan directamente con los ingresos económicos de los habitantes de la ciudad, cuantificados a escalas como las comunas y los barrios que las componen. Por otro lado se puede observar además cómo la morfología de la ciudad y las características topográficas del área en que se sitúa también influyen en el tema de calidad ambiental de la población, como pudo ser comprobado comparando los casos de Santiago y Valparaíso.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

Se realizó un análisis de la evolución del comportamiento diario y estacional de la temperatura atmosférica en las ciudades de Santiago y Valparaíso, con datos obtenidos mediante transectos móviles de medición de temperaturas del aire realizados durante el periodo de invierno (Julio) del presente año. Tales transectas, consistieron en recorridos a lo largo y ancho de las ciudades, registrando las temperaturas en puntos seleccionados según sus usos y coberturas de suelos en la mañana (10:30 Hrs.), tarde (14:30 Hrs.) y noche (22 Hrs.). Sin embargo, en este estudio sólo se han utilizado los datos nocturnos, ya que es el momento del día en donde se manifiestan con más fuerza las Islas de Calor Urbanas. Además se analizó la evolución de las temperaturas de emisión superficial de Santiago, para los años 89, 98 y 2004, y su distribución espacial según zonas ocupadas por población de diferente nivel socioeconómico.

La distribución espacial del material particulado de tamaño inferior a  $10\ \mu\text{m}$  (MP10) para Santiago se obtuvo de los datos proporcionados por la Red de Monitoreo de la Contaminación Atmosférica Metropolitana, consistente en siete estaciones localizadas en sectores representativos de los diferentes paisajes urbanos de la ciudad de Santiago. Los datos seleccionados fueron registrados a las 21 horas de los días de invierno, en que se realizaron las mediciones móviles de temperatura del aire. Los datos puntuales fueron transformados en areales, empleando los modelos de interpolación espacial de que disponen los Sistemas de Información Geográfica.

Los niveles socioeconómicos de la población para ambas ciudades se obtuvieron utilizando la metodología propuesta por ADIMARK, que consiste en extraer del Censo de Población y Vivienda del año 2002 variables que definen dos dimensiones consideradas representativas de los ingresos económicos familiares: nivel de educación del jefe de hogar y tenencia de una batería seleccionada de bienes. Conceptualmente, ambas variables se relacionan con el ingreso, el nivel cultural y el stock de riquezas acumulado por un grupo familiar. La clasificación socioeconómica de la población origina cinco clases, correspondientes a ingresos altos (ABC1), medio altos (C2), medios (C3), medios bajo (D) y bajos (E).

Las relaciones espaciales entre los niveles de concentración de contaminantes, temperaturas urbanas (islas de calor) y niveles socioeconómicos de la población de la ciudad de Santiago y Valparaíso, se realizó empleando activamente los sistemas de información geográfica, que analizan en una misma unidad de superficie los diversos tipos de escalas contenidos en los datos e informaciones disponibles y capturados.

## RESULTADOS

### Crecimiento urbano de Santiago y Valparaíso

Desde aproximadamente tres décadas, Santiago y Valparaíso han experimentado un explosivo incremento de su superficie urbana, la cual ha implicado que la primera de dichas ciudades haya aumentado en casi 30 mil hectáreas de área construida, pasando de 34 mil Hás. en el año 1975 a más de 65 mil Hás. el año 2005 (ROMERO *et al.*, 2006). En el mismo período el Gran Valparaíso aumentó su superficie construida de 5800 a 14.100 Hás.

Los usos urbanos de los suelos han sustituido espacios que anteriormente mantenían coberturas naturales tales como espacios abiertos, vegetación densa y dispersa y aquellos que poseían coberturas seminaturales, como cultivos. El cambio de coberturas naturales por espacios construidos ha generado una serie de impactos sobre el medio ambiente de la ciudad (PICKETT *et al.*, 2001; WITHFORD *et al.*, 2001). Uno de los principales corresponde a los cambios y desequilibrios sobre el clima urbano (ROMERO Y SARRICOLEA, 2006) y la creación de islas y micro islas (a una escala más local) de calor urbanas. La pérdida de espacios naturales y particularmente de zonas vegetadas produce una reducción de la capacidad de regulación de la temperatura atmosférica en la ciudad, aumentando el calor en su interior a medida que transcurren las horas del día, como puede ser observado en la Fig. 1. El aumento de las temperaturas al interior de la ciudad se relaciona directamente con el crecimiento y densificación de sus áreas construidas y sucede con una magnitud y velocidad que supera los peores escenarios divulgados a raíz de las evaluaciones del proceso de calentamiento global provocado por la acumulación de gases invernadero. Estos gases, por lo demás, se generan y acumulan especialmente sobre la atmósfera de la ciudad, lo que aumenta las preocupaciones e incertidumbres relacionadas con la sustentabilidad del principal nicho ecológico en que se desenvuelve la sociedad contemporánea.

El medio ambiente urbano es una construcción social bastante diferente al medio ambiente natural de los sitios en que se instalan las ciudades. Como producto social, el medio ambiente urbano reproduce en sus componentes, como el clima, las desigualdades socioeconómicas de sus habitantes. El clima de las ciudades ha sido tradicionalmente asumido como espacialmente homogéneo y sobre esa base se

han adelantado algunas relaciones con calidad de vida y salud ambiental, así como dictado normas referentes a las características de las construcciones. Sin embargo, las investigaciones de climas y paisajes urbanos señalan que se trata de complejo mosaico de paisajes urbanos, que requerirían de su adecuado reconocimiento y clasificación para adoptar medidas de gestión y planificación urbana ambientalmente sustentables.

Dadas las tendencias observadas y las políticas públicas implementadas el último tiempo, los usos urbanos deberían continuar sustituyendo lo restantes usos y coberturas de los suelos en las áreas metropolitanas de Santiago y Valparaíso. Como consecuencia, se debiera esperar un conjunto de perturbaciones ambientales que necesariamente afectarán la ocurrencia de riesgos naturales, aumentando la vulnerabilidad de las poblaciones urbanas, especialmente los sectores de menores capacidades socioeconómicas. La prevención, mitigación y control de estos eventos depende en gran medida de su adecuada incorporación en los planes y programas de desarrollo urbano, especialmente cuando se trata de las metrópolis que concentran no sólo la mayor parte de la población del país, sino también de sus bienes y servicios productivos.

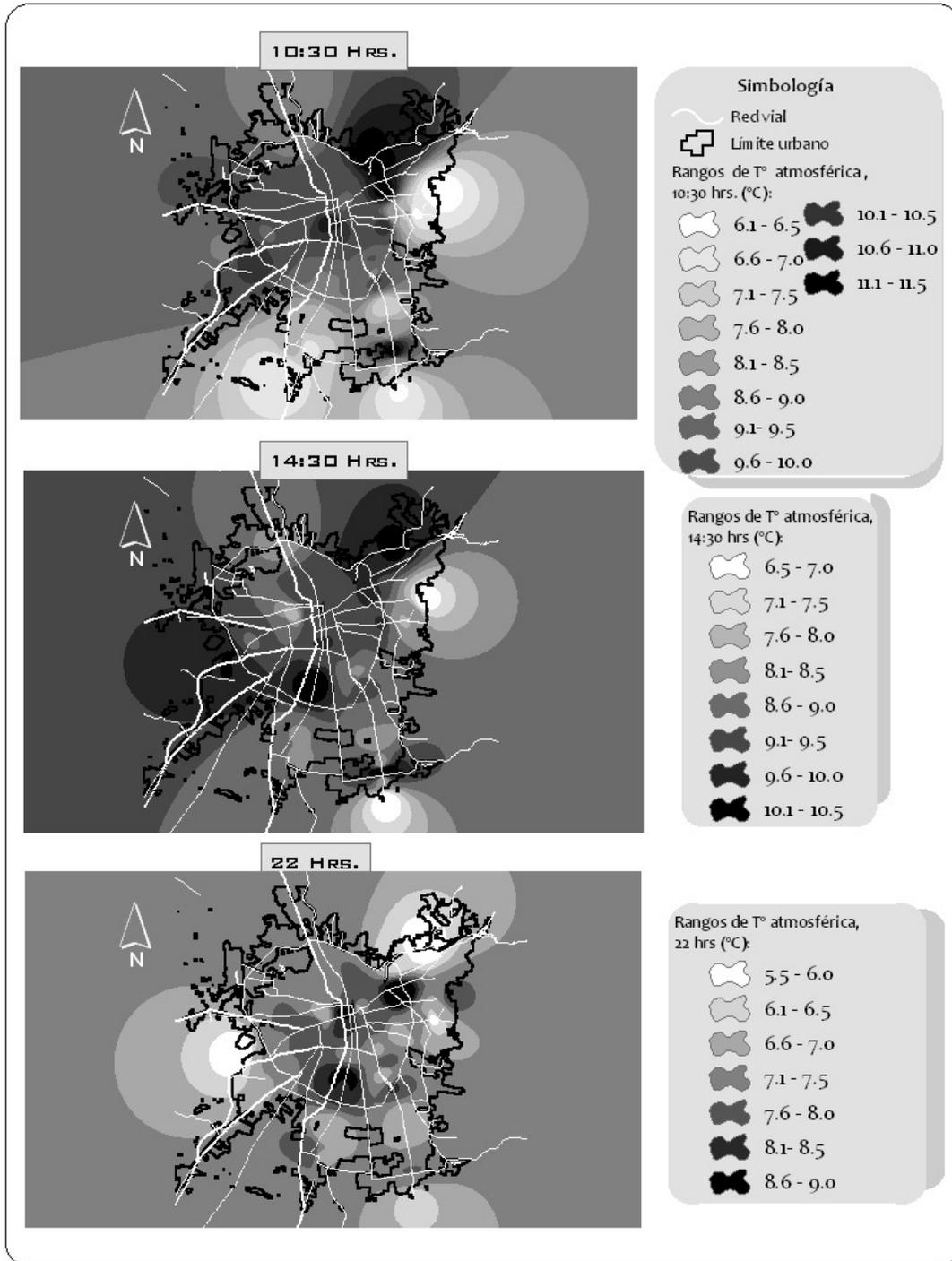
### **Caracterización del clima urbano de la ciudad de Santiago y su relación con los estratos socioeconómicos de la población**

Durante la mañana de invierno es posible observar temperaturas atmosféricas más elevadas en zonas periféricas de la ciudad, correspondientes a islas de calor no urbanas (Peña y Romero, 2006), como también en zonas rurales (Fig.1). Lo anterior se debe a que los paisajes de coberturas naturales y a la naturaleza geológica de los suelos, logran reflejar, absorber y emitir de una manera más rápida la energía solar incidente. Como consecuencia, las zonas de altas temperaturas del aire (10 a 11 °C) se localizan al exterior del límite urbano, principalmente en la zona norponiente, en las comunas de Quilicura, Colina, Pudahuel y Maipú. También es posible encontrar un núcleo cálido en el centro de la ciudad, sin embargo no es posible hablar de una isla de calor urbana propiamente tal ya que existe aún una diferencia muy leve entre las temperaturas urbanas y rurales. Hacia el sur de la ciudad (comunas de San Bernardo y Calera de Tango) se mantienen temperaturas frías (entre los 6 y 7°C), las cuales se extienden progresivamente hacia el centro de la ciudad a través de la única cobertura de suelos casi sin intervención urbana que conecta al centro de la ciudad con la periferia: El Cono de Aproximación del Aeropuerto de Cerrillos, próximo a desaparecer. El resto de la ciudad, principalmente aquellas zonas más cercanas al Centro Histórico, permanecen aún con una temperatura moderada, entre 7 y 8°C.

La distribución espacial de las temperaturas de la ciudad de Santiago en invierno, comienza a cambiar a medida que transcurren las horas del día, como puede ser apreciado en el segundo esquema presentado en la Fig. 1: Al mediodía, la ciudad presenta temperaturas más altas que su entorno rural, apareciendo nuevos núcleos de más altas temperaturas en su interior de la ciudad, especialmente hacia el sur del centro de Santiago.

Es posible determinar también que para este momento del día el panorama térmico del área metropolitana de Santiago es relativamente homogéneo, ya que se pueden encontrar temperaturas similares tanto en las zonas rurales como en aquellas urbanas. Mientras que las áreas naturales se encuentran en un proceso de pérdida de temperatura, el área construida llega a igualar las

temperaturas no urbanas.



**Figura 1: Evolución diaria del comportamiento de las temperaturas atmosféricas del Gran Santiago. Julio, 2007.**

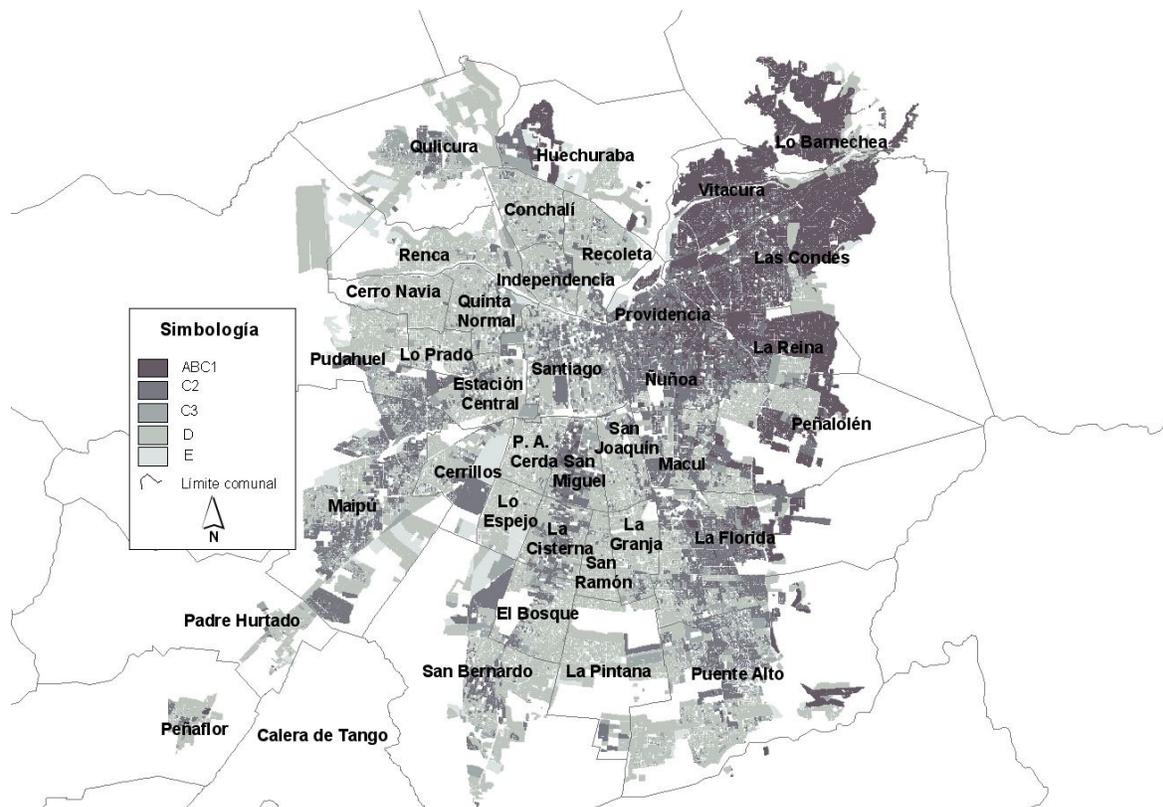
Fuente: Elaboración propia.

Finalmente durante la noche es cuando se puede evidenciar de mejor forma la presencia la Isla de Calor Urbana de la ciudad de Santiago. Las superficies urbanas que han recibido y almacenado la energía proveniente de la insolación durante el día, emiten calor hacia la atmósfera. A diferencia de éstas, las zonas donde prevalecen coberturas naturales logran liberar más rápidamente el calor a través de la vegetación, que aquellas zonas urbanas (VALOR *et al.*, 2000)

Las temperaturas más elevadas se localizan mayormente en el Centro Histórico de Santiago y se prolongan hacia el sur del centro de la ciudad: comunas de San Miguel, La Cisterna y Pedro Aguirre Cerda; mientras que en el norte se prolongan hacia la comuna de Independencia y Recoleta y un foco de altas temperaturas en la parte más densamente urbanizada de las Condes.

La isla de calor invernal en Santiago tiene patrones similares de distribución que la que fue posible evidenciar en el periodo de verano, sin embargo, para esta estación del año es posible notar que su intensidad es más focalizada en ciertos puntos de la ciudad y que la oscilación térmica diaria es menor en relación a la registrada en verano.

Resulta importante señalar que las zonas donde se concentran las temperaturas del aire más altas corresponden a áreas con bajo porcentaje de vegetación y altamente impermeabilizadas, ubicadas al poniente y centro de la ciudad. En el caso de las áreas más centrales están localizadas en el Centro Histórico, mientras que el resto de las zonas al poniente corresponden a áreas residenciales de alta densidad, principalmente de niveles socioeconómicos medios y medios bajos (C3, D y E), como puede ser apreciado en la Fig.2.



**Figura 2: Distribución de la población de Santiago según Niveles Socioeconómicos**  
Fuente: Elaboración propia.

En el caso de las temperaturas del aire más bajas, éstas se concentran en el área urbana de Lo Barnechea (área donde se asienta población de altos ingresos ABC1, asociada a usos residenciales de baja densidad), donde se registró la temperatura nocturna del aire más baja de la ciudad (5.5 °C) y en la zona peri urbana de Maipú, en camino a la Farfana (polo frío al poniente de la ciudad) donde existen paños de cultivos.

Según lo observado en las cartografías de isotermas y de nivel socioeconómico se pudo determinar la existencia de una relación en la distribución espacial de ambas variables, lo cual también queda de manifiesto en las Figuras 3a y 3b, que representan la temperatura promedio de invierno para los diferentes estratos socioeconómicos. Durante la mañana es posible notar como la población de más altos ingresos (ABC1) concentra las más altas temperaturas atmosféricas invernales, y esto tiene explicación en los porcentajes de vegetación existentes y en el diseño urbano de estas áreas: Los predios alcanzan un porcentaje de impermeabilización del suelo, entre 30 y 50%, dejando el espacio restante cubierto con vegetación, la cual absorbe de manera más rápida la energía solar durante la mañana. El resto de la población de Santiago, perteneciente a los estratos de ingresos más bajos, registra también temperaturas, principalmente debido a que ocupan zonas densamente edificadas, que tienen la propiedad de almacenar energía solar en forma paulatina. Sólo el estrato E presenta altas temperaturas durante la mañana. Lo anterior se debe a que las áreas en que reside se caracteriza por presentar bajos porcentajes de urbanización y de superficies asfaltadas, y presencia de suelos completamente desnudos, desprovistos de cubierta vegetal, que también logran absorber de manera rápida el calor.

Sin embargo, durante la noche, momento en el cual se manifiesta la mayor intensidad de la isla de calor urbana de Santiago, es posible evidenciar un panorama inverso al mencionado anteriormente: la población ABC1 (de más alto ingreso) es aquella que posee las menores temperaturas atmosféricas, como se observa en la Fig. 3b, con un promedio muy por debajo a los presentados por el resto de la población.

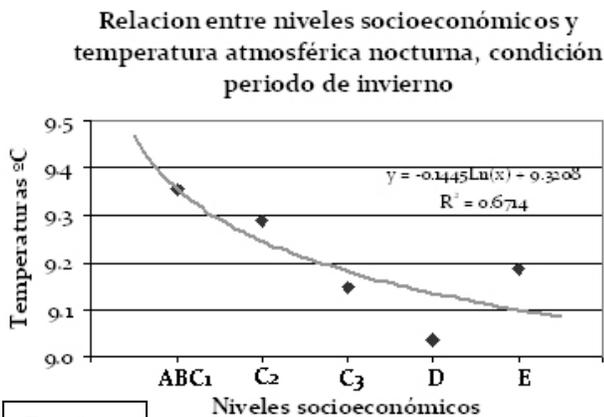


Fig. 3a

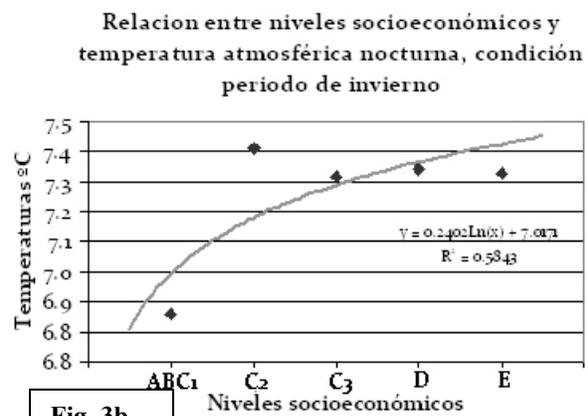


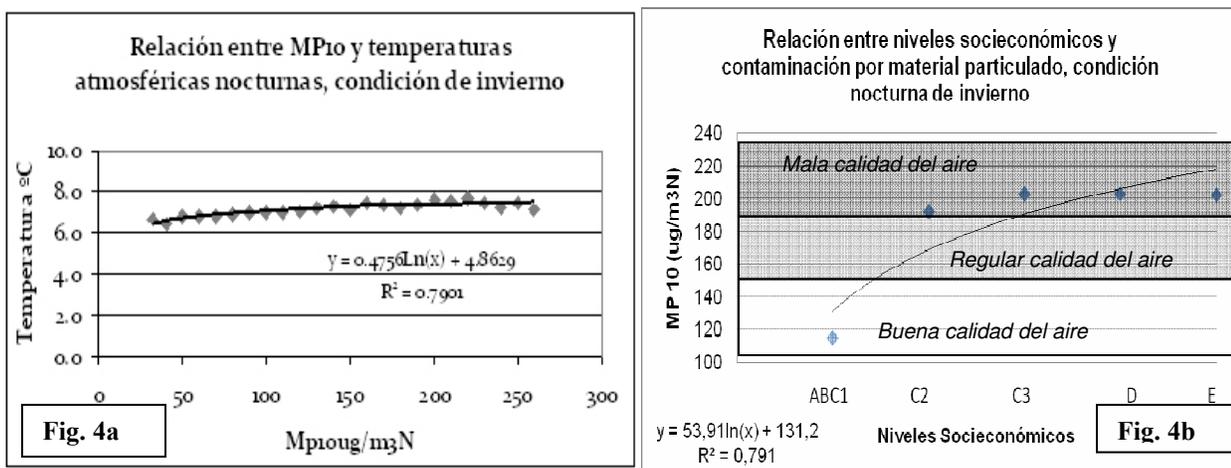
Fig. 3b

**Figura 3: Relaciones estadísticas entre temperatura atmosférica de invierno y los niveles socioeconómicos de Santiago**

Fuente: Elaboración propia

Por otro lado, la importancia de las zonas más cálidas durante las noches de invierno radica también en el aporte que éstas generan al tema de contaminación atmosférica por material particulado. Este aporte es una de las principales problemáticas de la isla de calor invernal: las zonas donde existe mayor temperatura registran las concentraciones más altas de MP10, como se puede observar en la Fig. 4a. Las relaciones estadísticas entre MP10 y temperaturas atmosféricas alcanzan su mejor ajuste en un modelo logarítmico. Como fue mencionado anteriormente, en estas zonas donde se encuentra la población de más bajos ingresos, la que se ve mayormente afectada y obtiene las peores condiciones ambientales en su lugar de residencia.

La Fig. 4b permite observar que un modelo estadístico de similar naturaleza relaciona a los niveles socioeconómicos de los habitantes de la ciudad con la distribución espacial de las concentraciones de Mp10 ( $R^2=0,79$ ).

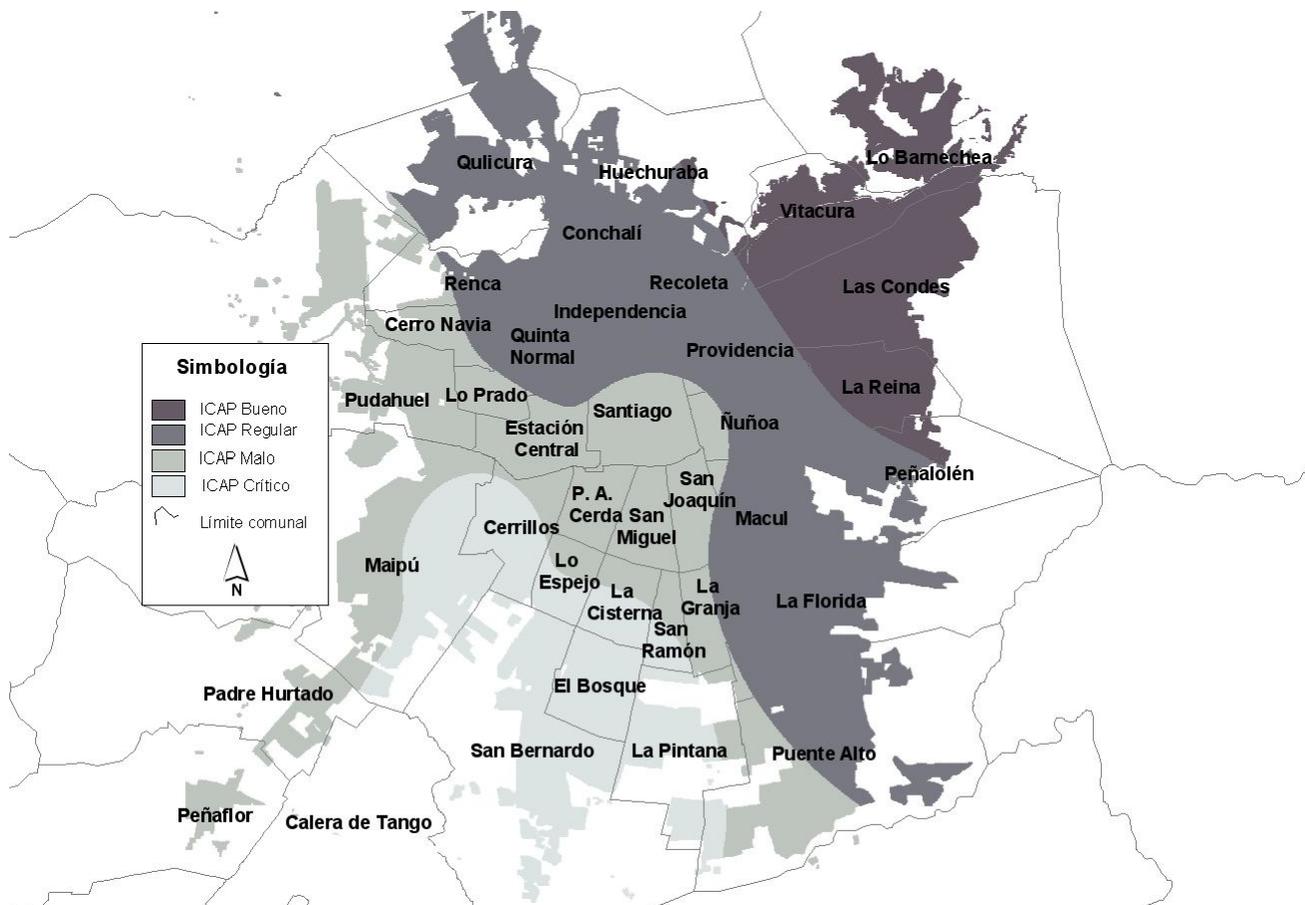


**Figura 4: Relaciones estadísticas entre temperatura atmosférica nocturna de invierno y MP10, en Santiago, Julio 2007.**

Fuente: Elaboración propia

Es posible señalar que la calidad del aire, representada por la distribución espacial de las micropartículas en suspensión en las noches de invierno, se relaciona con la distribución de la población por niveles socioeconómicos en forma significativa. Los habitantes de la ciudad de Santiago que pertenecen a los niveles socioeconómicos de altos ingresos (ABC1) se emplazan en territorios de mejor calidad térmica y del aire, condición ambiental que disminuye hacia las áreas donde reside la población de ingresos socioeconómicos medios (C2 y C3) y bajos (D y E). Por otro lado, los grupos socioeconómicos medios-bajos y bajos (C3, D y E) están expuestos durante las noches de invierno a malas condiciones en la calidad del aire, lo cual debería tener consecuencias adversas sobre la salud de las personas y de los ecosistemas.

Finalmente, la Fig. 5 representa la distribución espacial del Material Particulado a las 21.00 hrs. ratificando la correlación espacial existente entre las concentraciones más bajas de contaminantes y las áreas residenciales de los grupos de mayores ingresos, localizados ambos en el sector nororiente de la ciudad. En forma contrapuesta, en las áreas donde habitan los sectores más pobres, como sucede en el extremo sur y norponiente de Santiago, se concentra el aire de peor calidad.



**Figura 5: Distribución del Material Particulado (MP10, invierno a las 21 Horas) en Santiago.**

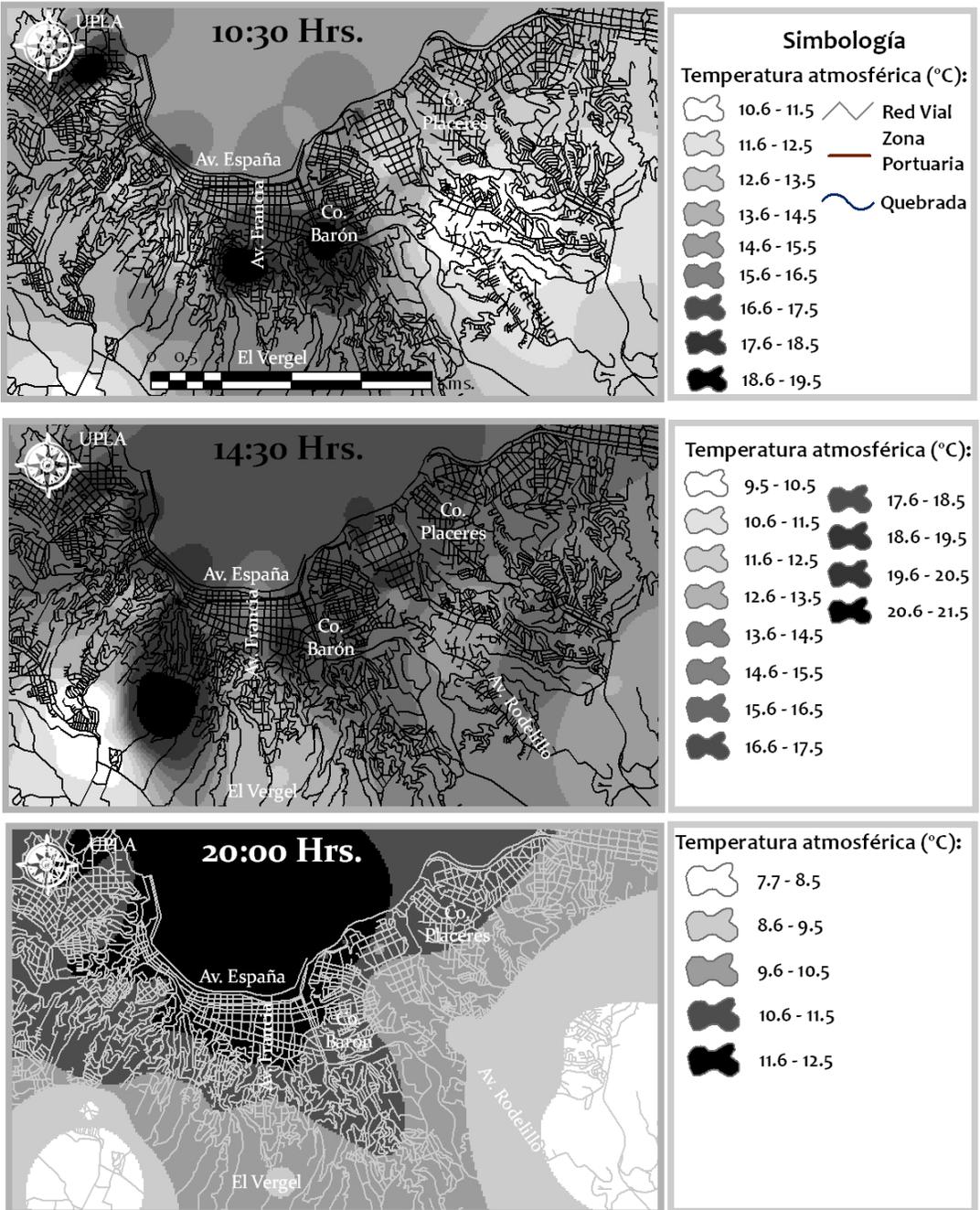
Fuente: Elaboración propia.

### **Caracterización del clima urbano de Valparaíso y su relación con los niveles socioeconómicos de la población**

En Valparaíso se pudo determinar que la distribución de temperaturas está muy condicionada por tres factores principales: la urbanización, la vegetación al interior de las cuencas de la ciudad y el mar. Durante la mañana, las temperaturas atmosféricas oscilan entre los 10 a 18 °C en los diferentes puntos del área (Fig. 6). Es posible observar como las zonas de mayor temperatura se localizan principalmente en las partes más altas de las laderas de los cerros, dónde es posible encontrar aún vegetación natural remanente. En las zonas más bajas, donde está concentrada la urbanización de alta densidad, se puede notar una temperatura homogénea de alrededor de 12 °C. Al igual que en la ciudad de Santiago, se presenta un patrón espacial que correlaciona a las zonas de mayor vegetación con las temperaturas más elevadas, mientras las áreas altamente edificadas aún no logran absorber energía calórica.

Para el medio día el patrón espacial de distribución de las temperaturas urbanas cambia completamente: las temperaturas más elevadas, alrededor de los 17 y 19°C comienzan a trasladarse

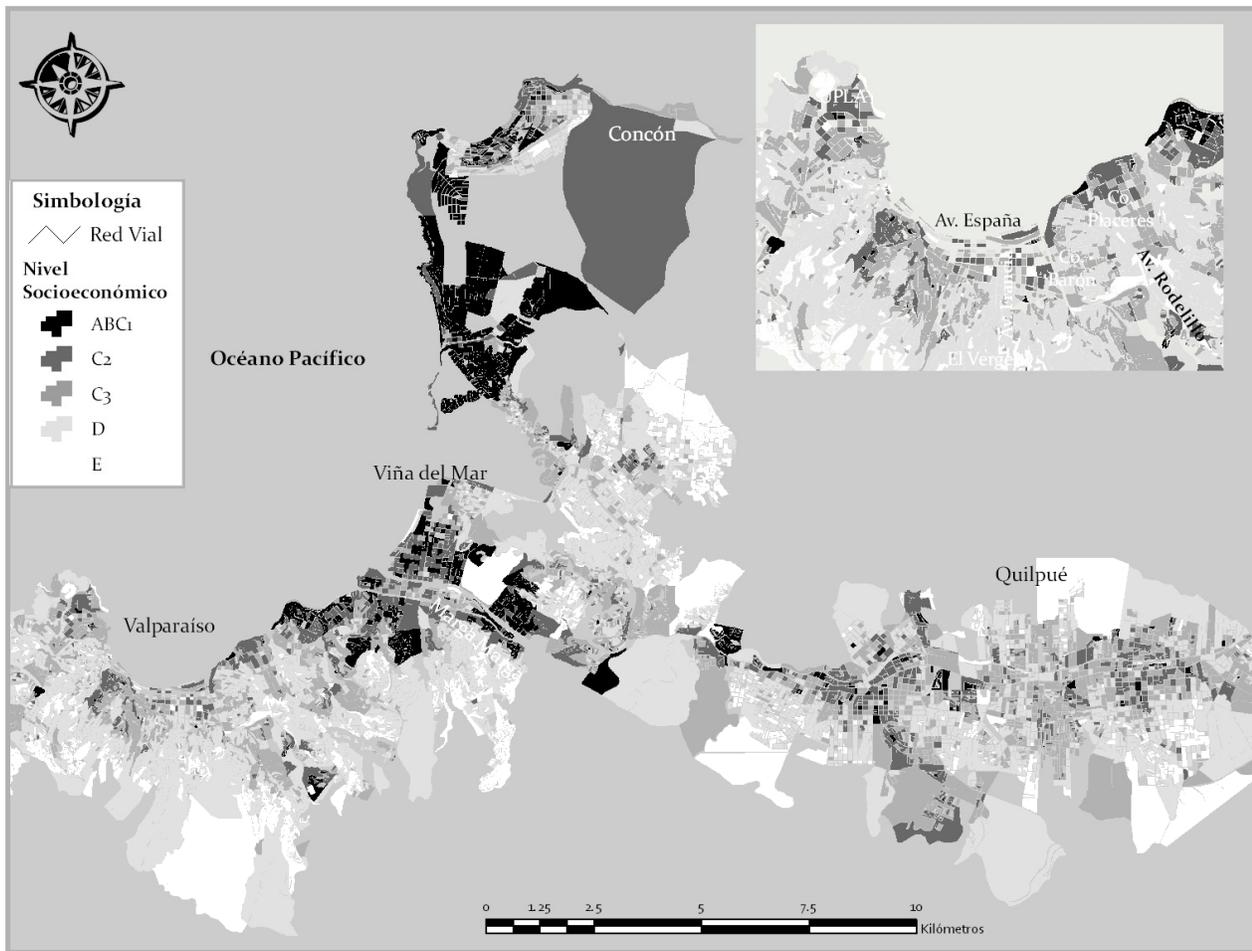
hacia las zonas más bajas de la cuenca, para finalmente situarse exclusivamente en ellas durante la noche. Se puede observar que a las 20 hrs. las zonas más cálidas se encuentran solo cercanas al mar, en el área de urbanización densa de la ciudad y a medida que aumenta la altitud la temperatura desciende. Las zonas vegetadas del área de estudio que se ubican principalmente en las zonas altas de las laderas ayudan a disminuir la temperatura, mientras que la influencia marina en las partes urbanas bajas regula y mantiene las altas temperaturas.



**Figura 6: Evolución diaria del comportamiento de las temperaturas atmosféricas de Valparaíso, Julio, 2007.**

Fuente: Elaboración propia.

La distribución de los niveles socioeconómicos de la población del Gran Valparaíso (fig. 7) muestra que la población de altos ingresos (ABC1 y C2) se sitúa principalmente hacia el norte de la ciudad, en las comunas de Concón y Viña del Mar. En el área específica de estudio (comuna de Valparaíso y parte de Viña del Mar), sólo es posible encontrar este estrato socioeconómico de población de altos ingresos residiendo en las zonas más bajas del anfiteatro. En Valparaíso, predomina espacialmente la población de estrato D, también localizada en zonas bajas y medias del anfiteatro, y E, principalmente ubicada en las zonas más altas de las laderas.

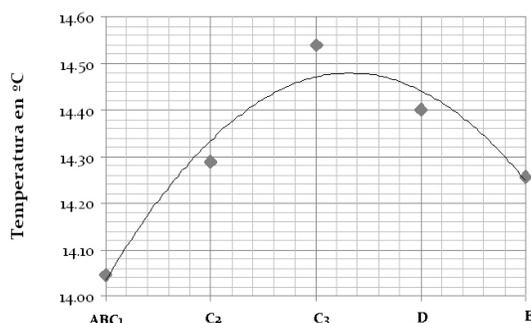


**Figura 7: Niveles socioeconómicos del Gran Valparaíso**

Fuente: Elaboración propia.

Considerando la distribución de la población según nivel de ingreso, es posible reafirmar la idea de que los estratos de más bajos ingresos se sitúan principalmente en las zonas con menores temperaturas atmosféricas nocturnas. Durante la mañana las áreas residenciales de esta población registran altas temperaturas (debido a que como ya fue mencionado, la vegetación natural de quebradas logra absorber más rápidamente el calor). Sin embargo, esta situación es efímera, debido a que las zonas vegetadas también liberan el calor rápidamente, manteniéndose sólo las áreas edificadas densas (y en este caso, de más altos ingresos: ABC1 y C2) con altas temperaturas, como lo demuestra la relación estadística entre niveles socioeconómicos y temperatura (figuras 8a y 8b).

Relación de las temperaturas atmosféricas de invierno y los niveles socioeconómicos de la población. 10:30 a.m. Valparaíso

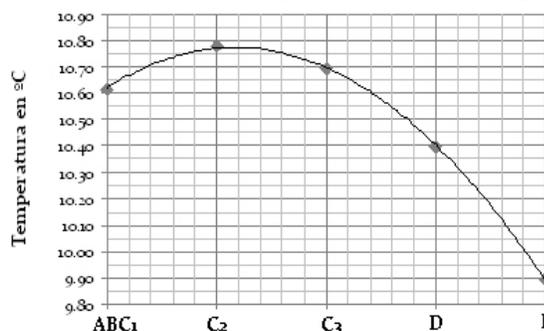


**Fig. 8a**

$$y = -0.0825x^2 + 0.5482x + 13.568$$

$$R^2 = 0.9334$$

Relación de las temperaturas atmosféricas de invierno y los niveles socioeconómicos de la población. 20:00 p.m. Valparaíso



**Fig. 8a**

$$y = -0.1102x^2 + 0.4782x + 10.255$$

$$R^2 = 0.9995$$

**Figura 8: Relaciones estadísticas entre temperatura en la atmósfera de Valparaíso y sus niveles socioeconómicos**

Fuente: Elaboración propia.

## DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Las islas de calor no-urbanas se transforman en islas de calor propiamente urbanas a medida que transcurren los días de invierno en la ciudad de Santiago y Valparaíso. La naturaleza de los usos y coberturas del suelo influyen en gran medida sobre estas variaciones espacio-temporales de las islas de calor. La impermeabilización de los suelos y la presencia y tipo de coberturas vegetales se constituyen en importantes controles de las islas de calor al interior de la ciudad de Santiago y Valparaíso, lo que significa que en su origen y desarrollo alcanzan una alta responsabilidad la planificación y gestión de los espacios urbanos. La calidad ambiental de las ciudades depende de visiones integrales y de políticas públicas que tienen como objetivo explícito conseguir zonificaciones y diseños urbanos específicamente orientados a la sustentabilidad ambiental.

En el caso de Valparaíso es posible mencionar que la población de más altos ingresos se ubica preferentemente en las zonas más altamente urbanizadas, en la parte baja del anfiteatro, con bajos porcentajes de vegetación. La influencia marina y del tipo de diseño urbano generan un panorama térmico socioambiental diferente al de Santiago: Es esta población ABC1 la que reside en lugares de más altas temperaturas atmosféricas, mientras que la población de bajos ingresos, asentada en quebradas, registra menores temperaturas.

A diferencia de Valparaíso, la población de más altos ingresos de la ciudad de Santiago vive en áreas de mejor calidad ambiental en comparación con el resto de los habitantes de la ciudad, como lo demuestra la distribución de las temperaturas atmosféricas y de concentraciones de MP10. De acuerdo a los inventarios de contaminación atmosférica, los automóviles privados constituyen la principal fuente de contaminación atmosférica en Santiago y éstos se concentran en los sectores donde residen los sectores de más altos ingresos. Dado que las concentraciones son mayores y la calidad del aire es inferior en las áreas donde reside la mayoría de la población se puede reconocer en Santiago una situación de injusticia ambiental que requiere medidas especiales de mitigación en las áreas centrales y occidentales de la ciudad. La relación entre concentraciones de PM10 e islas de calor, indica que es necesario mejorar las condiciones climáticas en la mayor parte de la ciudad, lo que implica intervenir

para que los usos y coberturas de los suelos, la presencia de áreas verdes y los diseños urbanos contribuyan a brindar mayor calidad de vida a la mayoría de la población de la ciudad.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Comisión Nacional de Medio Ambiente (CONAMA), 2000. “Diagnóstico de la Calidad del Aire y sus Impactos en Salud. Antecedentes para la Actualización del PPDA”. Santiago de Chile.

ELIASSON I. (1999). The use of climate knowledge in urban planning. Elsevier, Landscape and urban planning N° 48, pág. 31 – 44.

FONG, K. 2005. Estudio ambiental comparativo del reemplazo de combustibles fósiles por hidrógeno (parque vehicular). Tesis para optar a los títulos de Ingeniero Civil Químico e Ingeniero Civil en Biotecnología. Universidad de Chile. 154 pp.

HONJO T, NARITA K.I, SUGAWARA H, MIKAMI T, KIMURA K & KUWATA N. (2003). Observation of cool island effect in urban park (Shinjuku Gyoen). XV Internacional Conference on Urban Climates, Varsow, Poland, Sept. 1- 5. Polonia.

MORALES, R. y LEIVA, M.2006. Distribución y concentraciones críticas de material particulado en la ciudad de Santiago. In Contaminación atmosférica urbana. Episodios críticos de contaminación ambiental en la ciudad de Santiago. Raúl Morales (Editor). Editorial Universitaria. Santiago de Chile, pp. 107-172.

PICKETT S., CADENASSO M., GROVE J. (2001). Urban Ecological Systems: Linking terrestrial ecological, physical, and socioeconomic components of Metropolitan Areas. Annu. Rev. Ecol. Syst. . N° 32, pp. 127–57.

ROMERO H., SARRICOLEA P., 2006. Patrones y factores de crecimiento espacial de la ciudad de Santiago de Chile y sus efectos en la generación de islas de calor urbanas de superficie. Clima, Sociedad y Medio Ambiente: V Congreso de la Asociación Española de Climatología, Sept. 18 – 21, Zaragoza, España.

ROMERO H., MOLINA M., MOSCOSO C., SMITH P., 2006. Cambios de usos y coberturas de los suelos asociados a la urbanización de las metrópolis chilenas. El aporte de la Geografía en la superación de los desequilibrios territoriales y sociales: XXVII Congreso Nacional y XX Internacional de Geografía. Oct. 17 – 20, Concepción, Chile.

VALOR E., CASELLES V., COLL C., SÁNCHEZ E., RUBIO E., SOSPEDRA F. (2000). Análisis comparativo del efecto de isla térmica de la ciudad de Valencia con imágenes TM, MUST y AVHRR. Revista de la Asociación Española de Teledetección, N° 15 pp

WITHFORD W., ENNOS A.,HANDLEY J. (2001). City form and natural process: Indicators for the ecological performance of urban areas and their application to Merseyside, UK. Landscape and Urban Planning N° 57 pp. 91-103.